

# CONSOLIDATED VERSION

# VERSION CONSOLIDÉE



GROUP SAFETY PUBLICATION  
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

---

## **Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General**

## **Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 1: Généralités**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.200

ISBN 978-2-8322-3546-1

|                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.</b></p> <p><b>Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.</b></p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



# REDLINE VERSION

## VERSION REDLINE



GROUP SAFETY PUBLICATION  
PUBLICATION GROUPÉE DE SÉCURITÉ

### **Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General**

**Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de  
conversion de puissance –  
Partie 1: Généralités**

## CONTENTS

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                                                  | 8  |
| INTRODUCTION .....                                                                                              | 10 |
| 1 Scope .....                                                                                                   | 11 |
| 2 Normative references .....                                                                                    | 12 |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                   | 14 |
| 4 Protection against hazards .....                                                                              | 24 |
| 4.1 General .....                                                                                               | 24 |
| 4.2 Fault and abnormal conditions .....                                                                         | 25 |
| 4.3 Short circuit and overload protection .....                                                                 | 26 |
| 4.3.1 General .....                                                                                             | 26 |
| 4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output<br>short circuit current ability ..... | 27 |
| 4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection) .....                                                      | 29 |
| 4.3.4 Protection by several devices .....                                                                       | 29 |
| 4.3.5 <i>Input ports short time withstand current, <math>I_{CW}</math></i> .....                                | 29 |
| 4.4 Protection against electric shock .....                                                                     | 29 |
| 4.4.1 General .....                                                                                             | 29 |
| 4.4.2 <i>Decisive voltage class</i> .....                                                                       | 30 |
| 4.4.3 Provision for <i>basic protection</i> .....                                                               | 35 |
| 4.4.4 Provision for <i>fault protection</i> .....                                                               | 37 |
| 4.4.5 <i>Enhanced protection</i> .....                                                                          | 43 |
| 4.4.6 Protective measures .....                                                                                 | 44 |
| 4.4.7 Insulation .....                                                                                          | 46 |
| 4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices<br>(RCD) .....                            | 61 |
| 4.4.9 Capacitor discharge .....                                                                                 | 62 |
| 4.5 Protection against electrical energy hazards .....                                                          | 62 |
| 4.5.1 Operator access areas .....                                                                               | 62 |
| 4.5.2 Service access areas .....                                                                                | 63 |
| 4.6 Protection against fire and thermal hazards .....                                                           | 63 |
| 4.6.1 Circuits representing a fire hazard .....                                                                 | 63 |
| 4.6.2 Components representing a fire hazard .....                                                               | 63 |
| 4.6.3 <i>Fire enclosures</i> .....                                                                              | 64 |
| 4.6.4 Temperature limits .....                                                                                  | 68 |
| 4.6.5 Limited power sources .....                                                                               | 71 |
| 4.7 Protection against mechanical hazards .....                                                                 | 72 |
| 4.7.1 General .....                                                                                             | 72 |
| 4.7.2 Specific requirements for liquid cooled <i>PECS</i> .....                                                 | 73 |
| 4.8 Equipment with multiple sources of supply .....                                                             | 74 |
| 4.9 Protection against environmental stresses .....                                                             | 75 |
| 4.10 Protection against sonic pressure hazards .....                                                            | 76 |
| 4.10.1 General .....                                                                                            | 76 |
| 4.10.2 Sonic pressure and sound level .....                                                                     | 76 |
| 4.11 Wiring and connections .....                                                                               | 76 |
| 4.11.1 General .....                                                                                            | 76 |
| 4.11.2 Routing .....                                                                                            | 76 |

|        |                                                                                            |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.11.3 | Colour coding .....                                                                        | 77  |
| 4.11.4 | Splices and connections .....                                                              | 77  |
| 4.11.5 | Accessible connections .....                                                               | 77  |
| 4.11.6 | Interconnections between parts of the <i>PECS</i> .....                                    | 77  |
| 4.11.7 | Supply connections .....                                                                   | 78  |
| 4.11.8 | Terminals .....                                                                            | 78  |
| 4.12   | <i>Enclosures</i> .....                                                                    | 79  |
| 4.12.1 | General .....                                                                              | 79  |
| 4.12.2 | Handles and manual controls .....                                                          | 80  |
| 4.12.3 | Cast metal .....                                                                           | 80  |
| 4.12.4 | Sheet metal .....                                                                          | 80  |
| 4.12.5 | Stability test for <i>enclosure</i> .....                                                  | 83  |
| 5      | Test requirements .....                                                                    | 84  |
| 5.1    | General .....                                                                              | 84  |
| 5.1.1  | Test objectives and classification .....                                                   | 84  |
| 5.1.2  | Selection of test samples .....                                                            | 84  |
| 5.1.3  | Sequence of tests .....                                                                    | 84  |
| 5.1.4  | Earthing conditions .....                                                                  | 84  |
| 5.1.5  | General conditions for tests .....                                                         | 84  |
| 5.1.6  | Compliance .....                                                                           | 85  |
| 5.1.7  | Test overview .....                                                                        | 86  |
| 5.2    | Test specifications .....                                                                  | 87  |
| 5.2.1  | Visual inspections ( <i>type test</i> , <i>sample test</i> and <i>routine test</i> ) ..... | 87  |
| 5.2.2  | Mechanical tests .....                                                                     | 87  |
| 5.2.3  | Electrical tests .....                                                                     | 91  |
| 5.2.4  | Abnormal operation and simulated faults tests .....                                        | 105 |
| 5.2.5  | Material tests .....                                                                       | 111 |
| 5.2.6  | Environmental tests ( <i>type tests</i> ) .....                                            | 115 |
| 5.2.7  | Hydrostatic pressure test ( <i>type test</i> and <i>routine test</i> ) .....               | 120 |
| 6      | Information and marking requirements .....                                                 | 120 |
| 6.1    | General .....                                                                              | 120 |
| 6.2    | Information for selection .....                                                            | 122 |
| 6.3    | Information for installation and commissioning .....                                       | 123 |
| 6.3.1  | General .....                                                                              | 123 |
| 6.3.2  | Mechanical considerations .....                                                            | 123 |
| 6.3.3  | Environment .....                                                                          | 123 |
| 6.3.4  | Handling and mounting .....                                                                | 123 |
| 6.3.5  | <i>Enclosure</i> temperature .....                                                         | 123 |
| 6.3.6  | Connections .....                                                                          | 124 |
| 6.3.7  | Protection requirements .....                                                              | 124 |
| 6.3.8  | Commissioning .....                                                                        | 126 |
| 6.4    | Information for use .....                                                                  | 126 |
| 6.4.1  | General .....                                                                              | 126 |
| 6.4.2  | Adjustment .....                                                                           | 126 |
| 6.4.3  | Labels, signs and signals .....                                                            | 126 |
| 6.5    | Information for maintenance .....                                                          | 128 |
| 6.5.1  | General .....                                                                              | 128 |
| 6.5.2  | Capacitor discharge .....                                                                  | 129 |

|                       |                                                                                         |     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.5.3                 | Auto restart/bypass connection .....                                                    | 129 |
| 6.5.4                 | Other hazards .....                                                                     | 129 |
| 6.5.5                 | Equipment with multiple sources of supply .....                                         | 129 |
| Annex A (normative)   | Additional information for protection against electric shock .....                      | 130 |
| Annex B (informative) | Considerations for the reduction of the pollution degree .....                          | 150 |
| Annex C (informative) | Symbols referred to in IEC 62477-1 .....                                                | 151 |
| Annex D (normative)   | Evaluation of clearance and creepage distances .....                                    | 152 |
| Annex E (informative) | Altitude correction for clearances .....                                                | 160 |
| Annex F (normative)   | Clearance and creepage distance determination for frequencies greater than 30 kHz ..... | 161 |
| Annex G (informative) | Cross-sections of round conductors .....                                                | 167 |
| Annex H (informative) | Guidelines for RCD compatibility .....                                                  | 168 |
| Annex I (informative) | Examples of overvoltage category reduction .....                                        | 172 |
| Annex J (informative) | Burn thresholds for touchable surfaces .....                                            | 179 |
| Annex K (informative) | Table of electrochemical potentials .....                                               | 182 |
| Annex L (informative) | Measuring instrument for <i>touch current</i> measurements .....                        | 183 |
| Annex M (informative) | Test probes for determining access .....                                                | 184 |
| Annex N (informative) | Guidance regarding short-circuit current .....                                          | 187 |
| Bibliography          | .....                                                                                   | 200 |

|                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 1 – Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in dry skin condition .....                                              | 33  |
| Figure 2 – Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in water-wet skin condition .....                                        | 33  |
| Figure 3 – Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in saltwater-wet skin condition .....                                    | 34  |
| Figure 4 – Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i> .....                                               | 39  |
| Figure 5 – Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i> .....                                               | 40  |
| Figure 6 – <i>Fire enclosure</i> bottom openings below an unenclosed or partially enclosed fire-hazardous component .....                                   | 66  |
| Figure 7 – <i>Fire enclosure</i> baffle construction .....                                                                                                  | 67  |
| Figure 8 – Supported and unsupported <i>enclosure</i> parts .....                                                                                           | 81  |
| Figure 9 – Impact test using a steel ball .....                                                                                                             | 89  |
| Figure 10 – Voltage test procedures .....                                                                                                                   | 96  |
| Figure 11 – Protective equipotential bonding impedance test for separate unit with power fed from the <i>PECS</i> with protection for the power cable ..... | 102 |
| Figure 12 – Protective equipotential bonding impedance test for sub-assembly with accessible parts and with power fed from the <i>PECS</i> .....            | 103 |
| Figure 13 – Circuit for high-current arcing test .....                                                                                                      | 112 |
| Figure 14 – Test fixture for hot-wire ignition test .....                                                                                                   | 113 |
| Figure A.1 – Protection by <i>DVC</i> As with <i>protective separation</i> .....                                                                            | 130 |
| Figure A.2 – Protection by means of <i>protective impedance</i> .....                                                                                       | 131 |
| Figure A.3 – Protection by using limited voltages .....                                                                                                     | 132 |
| Figure A.4 – Touch time- d.c. voltage zones for dry skin condition .....                                                                                    | 135 |

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure A.5 – Touch time- d.c. voltage zones for water-wet skin condition.....                                                                                             | 135 |
| Figure A.6 – Touch time- d.c. voltage for saltwater-wet skin condition .....                                                                                              | 136 |
| Figure A.7 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                   | 137 |
| Figure A.8 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                             | 137 |
| Figure A.9 – Touch time- d.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition .....                                                                                         | 138 |
| Figure A.10 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                  | 139 |
| Figure A.11 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 139 |
| Figure A.12 – Touch time- a.c. voltage zones for dry skin condition .....                                                                                                 | 140 |
| Figure A.13 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 141 |
| Figure A.14 – Touch time- a.c. voltage of saltwater-wet skin condition.....                                                                                               | 141 |
| Figure A.15 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                  | 142 |
| Figure A.16 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 143 |
| Figure A.17 – Touch time- a.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition.....                                                                                         | 143 |
| Figure A.18 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                  | 144 |
| Figure A.19 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 145 |
| Figure A.20 – Typical waveform for a.c. <i>working voltage</i> .....                                                                                                      | 146 |
| Figure A.21 – Typical waveform for d.c. <i>working voltage</i> .....                                                                                                      | 146 |
| Figure A.22 – Typical waveform for pulsating <i>working voltage</i> .....                                                                                                 | 147 |
| Figure F.1 – Diagram for dimensioning of clearances .....                                                                                                                 | 162 |
| Figure F.2 – Diagram for dimensioning of creepage distances .....                                                                                                         | 164 |
| Figure H.1 – Flow chart leading to selection of the RCD type upstream of a <i>PECS</i> .....                                                                              | 168 |
| Figure H.2 – Fault current waveforms in connections with power electronic converter<br>devices.....                                                                       | 170 |
| Figure F.3 – Permissible field strength for dimensioning of solid <i>insulation</i> according<br>to Equation (1).....                                                     | 166 |
| Figure I.1 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the<br><i>installation mains supply</i> .....                                     | 172 |
| Figure I.2 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> .....                                                                   | 173 |
| Figure I.3 – <i>Basic insulation</i> evaluation for single and three phase equipment not<br><i>permanently connected</i> to the <i>mains supply</i> .....                 | 173 |
| Figure I.4 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the<br><i>installation mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used ..... | 173 |
| Figure I.5 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i><br>where internal <i>SPDs</i> are used.....                             | 174 |
| Figure I.6 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the<br><i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....             | 174 |
| Figure I.7 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the<br><i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....             | 175 |
| Figure I.8 –Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the<br><i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....              | 175 |
| Figure I.9 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the <i>mains</i><br><i>supply</i> .....                                            | 175 |
| Figure I.10 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the<br>supply mains .....                                                         | 176 |
| Figure I.11 – Functional <i>insulation</i> evaluation within circuits affected by external<br>transients .....                                                            | 176 |

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure I.12 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits both connected and not connected directly to the <i>mains supply</i> .....                                  | 177 |
| Figure I.13 – <i>Insulation</i> evaluation for accessible circuit of <i>DVC A</i> .....                                                                                   | 177 |
| Figure I.14 – <i>PEC</i> with <i>mains</i> and non- <i>mains supply</i> without galvanic separation .....                                                                 | 178 |
| Figure I.15 – Transformer (basic) isolated <i>PEC</i> inverter with <i>SPD</i> and transformer to reduce impulse voltage for functional and <i>basic insulation</i> ..... | 178 |
| Figure J.1 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of bare (uncoated) metal .....                                              | 179 |
| Figure J.2 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals which are coated by shellac varnish of a thickness of 50 µm, 100 µm and 150 µm.....             | 180 |
| Figure J.3 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals coated with the specific materials .....                                                        | 180 |
| Figure J.4 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of ceramics, glass and stone materials .....                                | 181 |
| Figure J.5 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of plastics .....                                                           | 181 |
| Figure K.1 – Electrochemical potentials (V) .....                                                                                                                         | 182 |
| Figure L.1 – Measuring instrument .....                                                                                                                                   | 183 |
| Figure M.1 – Sphere 50 mm probe (IPXXA).....                                                                                                                              | 184 |
| Figure M.2 – Jointed test finger (IPXXB) .....                                                                                                                            | 185 |
| Figure M.3 – Test rod 2,5 mm (IP3X) .....                                                                                                                                 | 186 |
| Figure N.1 – Example of short-circuit current curve under specification of $I_{CC}$ .....                                                                                 | 189 |
| Figure N.2 – Example of tripping characteristic of a circuit breaker .....                                                                                                | 190 |
| Figure N.3 – Example of tripping characteristic of a current-limiting fuse .....                                                                                          | 190 |
| Figure N.4 – Example of short-circuit current curve under specification of $I_{CW}$ .....                                                                                 | 191 |
| Figure N.5 – Two <i>PECS</i> with different specifications .....                                                                                                          | 192 |
| Figure N.6 – One <i>PECS</i> with different specification for each input <i>mains supply port</i> .....                                                                   | 194 |
| Figure N.7 – Flowchart for classification of $I_{CC}$ or $I_{CW}$ .....                                                                                                   | 197 |
| Table 1 – Alphabetical list of terms .....                                                                                                                                | 15  |
| Table 2 – Selection of <i>DVC</i> for touch voltage to protect against <i>ventricular fibrillation</i> .....                                                              | 31  |
| Table 3 – Selection of body contact area.....                                                                                                                             | 31  |
| Table 4 – Selection of humidity condition of the skin .....                                                                                                               | 31  |
| Table 5 – Steady state voltage limits for the <i>decisive voltage classes</i> .....                                                                                       | 32  |
| Table 6 – Protection requirements for circuit under consideration .....                                                                                                   | 35  |
| Table 7 – <i>PE conductor</i> cross-section <sup>a</sup> .....                                                                                                            | 41  |
| Table 8 – Definitions of pollution degrees.....                                                                                                                           | 47  |
| Table 9 – Impulse withstand voltage and <i>temporary overvoltage</i> versus system voltage.....                                                                           | 49  |
| Table 10 – Clearance distances for <i>functional</i> , <i>basic</i> or <i>supplementary insulation</i> .....                                                              | 54  |
| Table 11 – Creepage distances (in millimetres) .....                                                                                                                      | 56  |
| Table 12 – Generic materials for the direct support of uninsulated <i>live parts</i> .....                                                                                | 58  |
| Table 13 – Permitted openings in <i>fire enclosure</i> bottoms .....                                                                                                      | 67  |
| Table 14 – Maximum measured total temperatures for internal materials and components.....                                                                                 | 69  |
| Table 15 – Maximum measured temperatures for accessible parts of the <i>PECS</i> .....                                                                                    | 71  |

|                                                                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Table 16 – Limits for sources without an overcurrent protective device .....                                                                      | 72         |
| Table 17 – Limits for power sources with an overcurrent protective device .....                                                                   | 72         |
| Table 18 – Environmental service conditions .....                                                                                                 | 75         |
| Table 19 – Wire bending space from terminals to <i>enclosure</i> .....                                                                            | 79         |
| Table 20 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : carbon steel or stainless steel .....                                                 | 82         |
| Table 21 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : aluminium, copper or brass .....                                                      | 83         |
| Table 22 – Test overview .....                                                                                                                    | 86         |
| Table 23 – Pull values for handles and manual control securement .....                                                                            | 91         |
| Table 24 – Impulse voltage test .....                                                                                                             | 92         |
| Table 25 – Impulse test voltage .....                                                                                                             | 93         |
| Table 26 – AC or d.c. test voltage for circuits connected directly to <i>mains supply</i> .....                                                   | 94         |
| Table 27 – A.c. or d.c. test voltage for circuits connected to <i>non-mains supply</i> without<br><i>temporary overvoltages</i> .....             | 95         |
| Table 28 – Partial discharge test .....                                                                                                           | 98         |
| Table 29 – Test duration for <i>protective equipotential bonding</i> test .....                                                                   | 104        |
| Table 30 – Environmental tests .....                                                                                                              | 116        |
| Table 31 – Dry heat test (steady state) .....                                                                                                     | 117        |
| Table 32 – Damp heat test (steady state) .....                                                                                                    | 118        |
| Table 33 – Vibration test .....                                                                                                                   | 119        |
| Table 34 – Salt mist test .....                                                                                                                   | 119        |
| Table 35 – Dust and sand test .....                                                                                                               | 120        |
| Table 36 – Information requirements .....                                                                                                         | 121        |
| <b>Table 37 – A.c. short time withstand current test, minimum PECS requirements .....</b>                                                         | <b>111</b> |
| Table A.1 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>ventricular fibrillation</i> .....                                              | 133        |
| Table A.2 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>muscular reaction</i> .....                                                     | 134        |
| Table A.3 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>startle reaction</i> .....                                                      | 134        |
| Table A.4 – Examples for protection against electrical shock .....                                                                                | 149        |
| Table C.1 – Symbols used .....                                                                                                                    | 151        |
| Table D.1 – Width of grooves by pollution degree .....                                                                                            | 152        |
| Table E.1 – Correction factor for clearances at altitudes between 2 000 m and<br>20 000 m .....                                                   | 160        |
| Table E.2 – Test voltages for verifying clearances at different altitudes .....                                                                   | 160        |
| Table F.1 – Minimum values of clearances in air at atmospheric pressure for<br>inhomogeneous field conditions (Table 1 of IEC 60664-4:2005) ..... | 163        |
| Table F.2 – Multiplication factors for clearances in air at atmospheric pressure for<br>approximately homogeneous field conditions .....          | 163        |
| Table F.3 – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges<br>(Table 2 of IEC 60664-4:2005) .....                            | 165        |
| Table G.1 – Standard cross-sections of round conductors .....                                                                                     | 167        |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC  
CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –****Part 1: General**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

**DISCLAIMER**

**This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.**

**This Consolidated version of IEC 62477-1 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2012-07) [documents 22/200/FDIS and 22/204/RVD] and its amendment 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS and 22/274/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.**

**In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.**

International Standard IEC 62477-1 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

It has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 62477 series, published under the general title *Safety requirements for power electronic convertor systems and equipment* can be found on the IEC website.

In this standard, terms in *italic* are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## INTRODUCTION

This International Standard relates to products that include power electronic converters, with a rated system voltage not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. It specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, except functional safety as defined in IEC 61508. The objectives of this document are to establish a common terminology and basis for the safety requirements of products that contain power electronic converters across several IEC technical committees.

This standard has been developed with the intention:

- to be used as a reference document for product committees inside TC 22 in the development of product standards for power electronic converter systems and equipment;
- to replace IEC 62103 as a product family standard providing minimum requirements for safety aspects of power electronic converter systems and equipment in apparatus for which no product standard exists; and

NOTE The scope of IEC 62103 contains reliability aspects, which are not covered by this standard.

- to be used as a reference document for product committees outside TC 22 in the development of product standards of power electronic converter systems and equipment intended renewable energy sources. TC 82, TC 88, TC 105 and TC 114, in particular, have been identified as relevant technical committees at the time of publication.

Technical committees using this document should carefully consider the relevance of each paragraph in this document for the product under consideration and reference, add, replace or modify requirement as relevant. Product specific topics not covered by this document are in the responsibility of the technical committees using this document as reference document.

This group safety standard will not take precedence on any product specific standard according to IEC Guide 104. IEC Guide 104 provides information about the responsibility of product committees to use group safety standards for the development of their own product standards.

## SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –

### Part 1: General

#### 1 Scope

This part of IEC 62477 applies to Power Electronic Converter Systems (PECS) and equipment, their components for *electronic power conversion* and electronic power switching, including the means for their control, protection, monitoring and measurement, such as with the main purpose of converting electric power, with rated system voltages not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.

This document may also be used as a reference standard for product committees producing product standards for:

- adjustable speed electric power drive systems (PDS);
- standalone uninterruptible power systems (UPS);
- low voltage stabilized d.c. power supplies.

For PECS for which no product standard exists, this standard provides minimum requirements for safety aspects.

This part of IEC 62477 has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 for power electronic converter systems and equipment for solar, wind, tidal, wave, fuel cell or similar energy sources.

According to IEC Guide 104, one of the responsibilities of technical committees is, wherever applicable, to make use of basic safety publications and/or group safety publications in the preparation of their product standards.

This International Standard:

- establishes a common terminology for safety aspects relating to PECS and equipment;
- establishes minimum requirements for the coordination of safety aspects of interrelated parts within a PECS;
- establishes a common basis for minimum safety requirements for the PEC portion of products that contain PEC;
- specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, during use and operation and, where specifically stated, during service and maintenance;
- specifies minimum requirements to reduce risks with respect to pluggable and permanently connected equipment, whether it consists of a system of interconnected units or independent units, subject to installing, operating and maintaining the equipment in the manner prescribed by the manufacturer.

This International Standard does not cover:

- telecommunications apparatus other than power supplies to such apparatus;
- functional safety aspects as covered by e.g. IEC 61508;

- electrical equipment and systems for railways applications and electric vehicles.

## 2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-68, *Environmental testing – Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-54:2011, *Low voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

IEC/TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available from <<http://std.iec.ch/iec60617>>)

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-4:2005, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat - Ball pressure test*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

IEC/TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-13, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61032:1997, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis* (available from <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 9614-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9772, *Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials*

ASTM E162 – 11a, *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source*

## SOMMAIRE

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                    | 209 |
| INTRODUCTION .....                                                                                                    | 211 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                         | 212 |
| 2 Références normatives .....                                                                                         | 213 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                         | 215 |
| 4 Protection contre les dangers .....                                                                                 | 226 |
| 4.1 Généralités .....                                                                                                 | 226 |
| 4.2 Conditions anormales et de défaut .....                                                                           | 227 |
| 4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités .....                                                  | 228 |
| 4.3.1 Généralités .....                                                                                               | 228 |
| 4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie ..... | 229 |
| 4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours) .....                                                     | 231 |
| 4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs .....                                                                      | 231 |
| 4.3.5 <i>Courant de courte durée admissible des accès d'entrée, <math>I_{CW}</math></i> .....                         | 231 |
| 4.4 Protection contre les chocs électriques .....                                                                     | 231 |
| 4.4.1 Généralités .....                                                                                               | 231 |
| 4.4.2 <i>Classe de tension déterminante</i> .....                                                                     | 232 |
| 4.4.3 Disposition relative à la <i>protection principale</i> .....                                                    | 237 |
| 4.4.4 Disposition relative à la <i>protection en cas de défaut</i> .....                                              | 239 |
| 4.4.5 <i>Protection renforcée</i> .....                                                                               | 245 |
| 4.4.6 Mesures de protection .....                                                                                     | 246 |
| 4.4.7 Isolation .....                                                                                                 | 248 |
| 4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR) .....                    | 264 |
| 4.4.9 Décharge de condensateurs .....                                                                                 | 265 |
| 4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique .....                                                    | 265 |
| 4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur .....                                                                              | 265 |
| 4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance .....                                                                         | 266 |
| 4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques .....                                                      | 266 |
| 4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie .....                                                                | 266 |
| 4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie .....                                                              | 267 |
| 4.6.3 <i>Enveloppes contre le feu</i> .....                                                                           | 268 |
| 4.6.4 Limites de température .....                                                                                    | 272 |
| 4.6.5 Sources à puissance limitée .....                                                                               | 275 |
| 4.7 Protection contre les dangers mécaniques .....                                                                    | 277 |
| 4.7.1 Généralités .....                                                                                               | 277 |
| 4.7.2 Exigences spécifiques pour le <i>SECP</i> refroidi par liquide .....                                            | 277 |
| 4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation .....                                                                | 278 |
| 4.9 Protection contre les contraintes environnementales .....                                                         | 279 |
| 4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique .....                                                 | 280 |
| 4.10.1 Généralités .....                                                                                              | 280 |
| 4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit .....                                                                   | 280 |
| 4.11 Câblage et raccordements .....                                                                                   | 281 |
| 4.11.1 Généralités .....                                                                                              | 281 |
| 4.11.2 Cheminement .....                                                                                              | 281 |

|        |                                                                                                          |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.11.3 | Codage couleur .....                                                                                     | 281 |
| 4.11.4 | Epissures et raccordements .....                                                                         | 281 |
| 4.11.5 | Connexions accessibles .....                                                                             | 282 |
| 4.11.6 | Interconnexions entre les parties d'un <i>SECP</i> .....                                                 | 282 |
| 4.11.7 | Raccordement de l'alimentation .....                                                                     | 282 |
| 4.11.8 | Bornes de connexion .....                                                                                | 282 |
| 4.12   | Enveloppes .....                                                                                         | 284 |
| 4.12.1 | Généralités .....                                                                                        | 284 |
| 4.12.2 | Poignées et organes de commande manuels .....                                                            | 285 |
| 4.12.3 | Métaux coulés .....                                                                                      | 285 |
| 4.12.4 | Tôle .....                                                                                               | 285 |
| 4.12.5 | Essai de stabilité pour <i>enveloppe</i> .....                                                           | 288 |
| 5      | Exigences d'essai .....                                                                                  | 289 |
| 5.1    | Généralités .....                                                                                        | 289 |
| 5.1.1  | Objectifs et classification des essais .....                                                             | 289 |
| 5.1.2  | Sélection des échantillons pour les essais .....                                                         | 289 |
| 5.1.3  | Séquence d'essais .....                                                                                  | 289 |
| 5.1.4  | Conditions de mise à la terre .....                                                                      | 289 |
| 5.1.5  | Conditions générales d'essai .....                                                                       | 290 |
| 5.1.6  | Conformité .....                                                                                         | 290 |
| 5.1.7  | Vue d'ensemble des essais .....                                                                          | 291 |
| 5.2    | Spécifications des essais .....                                                                          | 293 |
| 5.2.1  | Inspections visuelles ( <i>essai de type, essai sur prélèvement et essai individuel de série</i> ) ..... | 293 |
| 5.2.2  | Essais mécaniques .....                                                                                  | 293 |
| 5.2.3  | Essais électriques .....                                                                                 | 298 |
| 5.2.4  | Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés .....                                             | 314 |
| 5.2.5  | Essais de matériaux .....                                                                                | 321 |
| 5.2.6  | Essais environnementaux ( <i>essais de type</i> ) .....                                                  | 325 |
| 5.2.7  | Pression hydrostatique ( <i>essai de type et essai individuel de série</i> ) .....                       | 330 |
| 6      | Exigences relatives aux informations et au marquage .....                                                | 330 |
| 6.1    | Généralités .....                                                                                        | 330 |
| 6.2    | Informations pour le choix .....                                                                         | 332 |
| 6.3    | Informations pour l'installation et la mise en service .....                                             | 333 |
| 6.3.1  | Généralités .....                                                                                        | 333 |
| 6.3.2  | Considérations d'ordre mécanique .....                                                                   | 333 |
| 6.3.3  | Environnement .....                                                                                      | 333 |
| 6.3.4  | Manutention et montage .....                                                                             | 334 |
| 6.3.5  | Température de l' <i>enveloppe</i> .....                                                                 | 334 |
| 6.3.6  | Connexions .....                                                                                         | 334 |
| 6.3.7  | Exigences de protection .....                                                                            | 335 |
| 6.3.8  | Mise en service .....                                                                                    | 336 |
| 6.4    | Informations pour l'utilisation .....                                                                    | 337 |
| 6.4.1  | Généralités .....                                                                                        | 337 |
| 6.4.2  | Réglage .....                                                                                            | 337 |
| 6.4.3  | Étiquettes, panneaux et signaux .....                                                                    | 337 |
| 6.5    | Informations pour la maintenance .....                                                                   | 339 |
| 6.5.1  | Généralités .....                                                                                        | 339 |

|                                                                                                                                                                        |                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|
| 6.5.2                                                                                                                                                                  | Décharge de condensateurs.....                       | 340 |
| 6.5.3                                                                                                                                                                  | Redémarrage automatique/connexion de dérivation..... | 340 |
| 6.5.4                                                                                                                                                                  | Autres dangers .....                                 | 340 |
| 6.5.5                                                                                                                                                                  | Matériels à plusieurs sources d'alimentation .....   | 340 |
| Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques.....                                                                 |                                                      | 341 |
| Annexe B (informative) Considérations relatives à la réduction du degré de pollution .....                                                                             |                                                      | 362 |
| Annexe C (informative) Symboles référencés dans l'IEC 62477-1.....                                                                                                     |                                                      | 363 |
| Annexe D (normative) Evaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite .....                                                                      |                                                      | 364 |
| Annexe E (informative) Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air .....                                                                           |                                                      | 371 |
| Annexe F (normative) Détermination de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite pour des fréquences supérieures à 30 kHz.....                         |                                                      | 373 |
| Annexe G (informative) Sections de conducteurs ronds.....                                                                                                              |                                                      | 379 |
| Annexe H (informative) Principes directeurs pour la compatibilité des DDR .....                                                                                        |                                                      | 380 |
| Annexe I (informative) Exemples de réduction de catégorie de surtension .....                                                                                          |                                                      | 384 |
| Annexe J (informative) Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher.....                                                                                 |                                                      | 391 |
| Annexe K (informative) Tableau des potentiels électrochimiques.....                                                                                                    |                                                      | 394 |
| Annexe L (informative) Instrument de mesure du <i>courant de contact</i> .....                                                                                         |                                                      | 395 |
| Annexe M (informative) Doigts d'essai pour détermination de l'accès .....                                                                                              |                                                      | 396 |
| Annexe N (informative) Lignes directrices relatives au courant de court-circuit .....                                                                                  |                                                      | 399 |
| Bibliographie .....                                                                                                                                                    |                                                      | 413 |
|                                                                                                                                                                        |                                                      |     |
| Figure 1 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau sèche.....                               |                                                      | 235 |
| Figure 2 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide.....                              |                                                      | 235 |
| Figure 3 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide-salée .....                       |                                                      | 236 |
| Figure 4 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....                                                           |                                                      | 241 |
| Figure 5 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....                                                           |                                                      | 242 |
| Figure 6 – Ouvertures dans le fond d'une <i>enveloppe contre le feu</i> sous un composant représentant un danger d'incendie non enfermé ou partiellement enfermé.....  |                                                      | 270 |
| Figure 7 – Construction de l' <i>enveloppe contre le feu</i> avec plaque écran .....                                                                                   |                                                      | 271 |
| Figure 8 – Parties d' <i>enveloppe</i> avec et sans châssis support .....                                                                                              |                                                      | 286 |
| Figure 9 – Essai de choc utilisant la sphère d'acier .....                                                                                                             |                                                      | 296 |
| Figure 10 – Procédures d'essai de tension.....                                                                                                                         |                                                      | 304 |
| Figure 11 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour unité séparée alimentée par le <i>SECP</i> avec protection du câble d'alimentation..... |                                                      | 311 |
| Figure 12 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour sous-ensemble avec parties accessibles et alimenté par le <i>SECP</i> .....             |                                                      | 312 |
| Figure 13 – Circuit pour essai de formation d'arc à courant élevé .....                                                                                                |                                                      | 321 |
| Figure 14 – Montage pour essai d'inflammation au fil chaud .....                                                                                                       |                                                      | 323 |
| Figure A.1 – Protection au moyen de la <i>CTD As</i> avec <i>séparation de protection</i> .....                                                                        |                                                      | 341 |
| Figure A.2 – Protection au moyen de l' <i>impédance de protection</i> .....                                                                                            |                                                      | 342 |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure A.3 – Protection au moyen de tensions limitées .....                                                                                       | 343 |
| Figure A.4 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche .....                                                        | 346 |
| Figure A.5 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide .....                                                       | 347 |
| Figure A.6 – Zone temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                               | 347 |
| Figure A.7 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche .....                                                        | 348 |
| Figure A.8 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide .....                                                       | 348 |
| Figure A.9 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                              | 349 |
| Figure A.10 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche .....                                                       | 350 |
| Figure A.11 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide .....                                                      | 350 |
| Figure A.12 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche .....                                                    | 351 |
| Figure A.13 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide .....                                                   | 352 |
| Figure A.14 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                          | 352 |
| Figure A.15 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche .....                                                    | 353 |
| Figure A.16 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide .....                                                   | 354 |
| Figure A.17 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                          | 354 |
| Figure A.18 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche .....                                                    | 355 |
| Figure A.19 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide .....                                                   | 356 |
| Figure A.20 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.a. ....                                                                | 357 |
| Figure A.21 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.c. ....                                                                | 357 |
| Figure A.22 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> pulsante .....                                                           | 358 |
| Figure F.1 – Schéma de dimensionnement des distances d'isolement dans l'air .....                                                                 | 374 |
| Figure F.2 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite .....                                                                                  | 376 |
| Figure F.3 – Champ admissible pour le dimensionnement de l' <i>isolation</i> solide selon l'Equation (1) .....                                    | 378 |
| Figure H.1 – Organigramme de sélection du type de DDR en amont d'un <i>SECP</i> .....                                                             | 380 |
| Figure H.2 – Formes d'ondes des courants de défaut dans des montages avec convertisseurs électroniques de puissance .....                         | 382 |
| Figure I.1 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l'installation</i> .....        | 384 |
| Figure I.2 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> .....                                      | 385 |
| Figure I.3 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les matériels mono et triphasés non connectés en permanence au <i>réseau</i> ..... | 385 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure I.4 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l'installation</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                 | 385 |
| Figure I.5 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                               | 386 |
| Figure I.6 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                 | 386 |
| Figure I.7 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                 | 387 |
| Figure I.8 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                 | 387 |
| Figure I.9 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i> .....                                                                                                                                                           | 388 |
| Figure I.10 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i> .....                                                                                                                                                          | 388 |
| Figure I.11 – Evaluation de l' <i>isolation</i> fonctionnelle des circuits affectés par les transitoires externes .....                                                                                                                                                                | 388 |
| Figure I.12 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés et non connectés directement au <i>réseau</i> .....                                                                                                                                             | 389 |
| Figure I.13 – Evaluation de l' <i>isolation</i> pour un circuit accessible de <i>CTD A</i> .....                                                                                                                                                                                       | 389 |
| Figure I.14 – <i>CEP</i> avec <i>réseau</i> et non- <i>réseau</i> sans séparation galvanique .....                                                                                                                                                                                     | 390 |
| Figure I.15 – Convertisseur <i>CEP</i> isolé par des transformateurs (de base) avec <i>dispositif de protection contre les surtensions (SPD)</i> et transformateur pour réduction de la tension de choc pour l' <i>isolation fonctionnelle</i> et l' <i>isolation principale</i> ..... | 390 |
| Figure J.1 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en métal nu (non revêtu) .....                                                                                                                                             | 391 |
| Figure J.2 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus d'une gomme-laque d'une épaisseur de 50 µm, 100 µm et 150 µm .....                                                                                                            | 392 |
| Figure J.3 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus de matériaux particuliers .....                                                                                                                                               | 392 |
| Figure J.4 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante constituée de céramique, verre et pierres .....                                                                                                                            | 393 |
| Figure J.5 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en plastique .....                                                                                                                                                         | 393 |
| Figure K.1 – Potentiels électrochimiques (V) .....                                                                                                                                                                                                                                     | 394 |
| Figure L.1 – Instrument de mesure .....                                                                                                                                                                                                                                                | 395 |
| Figure M.1 – Sphère d'essai de 50 mm (IPXXA) .....                                                                                                                                                                                                                                     | 396 |
| Figure M.2 – Doigt d'essai assemblé (IPXXB) .....                                                                                                                                                                                                                                      | 397 |
| Figure M.3 – Tige d'essai de 2,5 mm (IP3X) .....                                                                                                                                                                                                                                       | 398 |
| Figure N.1 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de $I_{CC}$ .....                                                                                                                                                                                    | 401 |
| Figure N.2 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur .....                                                                                                                                                                                                        | 402 |
| Figure N.3 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un fusible limiteur de courant .....                                                                                                                                                                                        | 402 |
| Figure N.4 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de $I_{CW}$ .....                                                                                                                                                                                    | 403 |
| Figure N.5 – Deux <i>SECP</i> avec différentes spécifications .....                                                                                                                                                                                                                    | 405 |

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure N.6 – Un SECP avec spécification différente pour chaque accès d'entrée de l'alimentation réseau.....                  | 407 |
| Figure N.7 – Organigramme pour la classification de $I_{CC}$ ou de $I_{CW}$ .....                                            | 410 |
| Tableau 1 – Liste alphabétique des termes .....                                                                              | 216 |
| Tableau 2 – Sélection de la CTD pour la tension de contact en cas de fibrillation ventriculaire .....                        | 233 |
| Tableau 3 – Choix de la surface de contact du corps.....                                                                     | 233 |
| Tableau 4 – Choix de la condition d'humidité de la peau .....                                                                | 234 |
| Tableau 5 – Limites de tension en état stable pour les classes de tension déterminante .....                                 | 234 |
| Tableau 6 – Exigences de protection pour le circuit à l'étude.....                                                           | 237 |
| Tableau 7 – Section du conducteur de mise à la terre de protection <sup>a</sup> .....                                        | 243 |
| Tableau 8 – Définitions des degrés de pollution .....                                                                        | 249 |
| Tableau 9 – Tension de choc et surtension temporaire par rapport à la tension système.....                                   | 251 |
| Tableau 10 – Distances d'isolement dans l'air pour l'isolation fonctionnelle, principale ou supplémentaire .....             | 256 |
| Tableau 11 – Lignes de fuite (en millimètres) .....                                                                          | 259 |
| Tableau 12 – Matériaux génériques utilisés pour le support direct des parties actives non isolées.....                       | 261 |
| Tableau 13 – Ouvertures admissibles dans les fonds des enveloppes contre le feu .....                                        | 271 |
| Tableau 14 – Températures totales maximales mesurées pour les composants et matériaux internes .....                         | 273 |
| Tableau 15 – Températures maximales mesurées pour les parties accessibles du SECP .....                                      | 275 |
| Tableau 16 – Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités .....                   | 276 |
| Tableau 17 – Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités .....                   | 276 |
| Tableau 18 – Conditions environnementales de service .....                                                                   | 280 |
| Tableau 19 – Espace de courbure des fils des bornes à l'enveloppe .....                                                      | 284 |
| Tableau 20 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: acier au carbone ou acier inoxydable.....                                     | 287 |
| Tableau 21 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: aluminium, cuivre ou laiton .....                                             | 288 |
| Tableau 22 – Vue d'ensemble des essais.....                                                                                  | 292 |
| Tableau 23 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels .....              | 298 |
| Tableau 24 – Essai de tension de choc .....                                                                                  | 299 |
| Tableau 25 – Tension d'essai de choc .....                                                                                   | 300 |
| Tableau 26 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au réseau .....                     | 301 |
| Tableau 27 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits non raccordés au réseau sans surtensions temporaires..... | 302 |
| Tableau 28 – Essai de décharge partielle.....                                                                                | 306 |
| Tableau 29 – Durée de l'essai de liaison équipotentielle de protection.....                                                  | 313 |
| Tableau 30 – Essais environnementaux .....                                                                                   | 326 |
| Tableau 31 – Essai de chaleur sèche (régime permanent).....                                                                  | 327 |

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 32 – Essai de chaleur humide (régime permanent).....                                                                                                                              | 328 |
| Tableau 33 – Essai de vibration .....                                                                                                                                                     | 329 |
| Tableau 34 – Essai au brouillard salin.....                                                                                                                                               | 329 |
| Tableau 35 – Essai aux poussières et sable.....                                                                                                                                           | 330 |
| Tableau 36 – Exigences d'informations .....                                                                                                                                               | 331 |
| Tableau 37 – Essai de tenue au <i>courant alternatif de courte durée admissible</i> ,<br>exigences minimales applicables au SECP .....                                                    | 320 |
| Tableau A.1 – Choix d'une tension de contact réglée pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> .....                                                                                       | 344 |
| Tableau A.2 – Choix d'une tension de contact réglée pour un <i>fort effet musculaire</i> .....                                                                                            | 345 |
| Tableau A.3 – Choix d'une tension de contact réglée pour une <i>réaction de tressaillement</i> .....                                                                                      | 345 |
| Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques .....                                                                                                                   | 360 |
| Tableau C.1 – Symboles utilisés .....                                                                                                                                                     | 363 |
| Tableau D.1 – Largeur des rainures en fonction du degré de pollution .....                                                                                                                | 364 |
| Tableau E.1 – Facteur de correction pour les distances d'isolement dans l'air à des<br>altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m .....                                                | 371 |
| Tableau E.2 – Tensions d'essai pour la vérification des distances d'isolement dans<br>l'air à des altitudes différentes .....                                                             | 371 |
| Tableau F.1 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air à la pression<br>atmosphérique dans des conditions de champs non homogènes (Tableau 1 de<br>l'IEC 60664-4:2005)..... | 375 |
| Tableau F.2 – Facteurs multiplicatifs pour les distances d'isolement dans l'air à la<br>pression atmosphérique pour des conditions de champs presque homogènes .....                      | 375 |
| Tableau F.3 – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes plages de<br>fréquences (Tableau 2 de l'IEC 60664-4:2005).....                                                       | 377 |
| Tableau G.1 – Sections normales de conducteurs ronds .....                                                                                                                                | 379 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

## Partie 1: Généralités

### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

#### DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

**Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.**

**Cette version consolidée de l'IEC 62477-1 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2012-07) [documents 22/200/FDIS et 22/204/RVD] et son amendement 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS et 22/274/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.**

**Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 62477-1 a été établie par le comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Elle a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62477, publiées sous le titre général *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Dans la présente norme, les termes en *italique* sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

La présente Norme internationale concerne les produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. Elle spécifie des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, à l'exception de la sécurité fonctionnelle définie dans l'IEC 61508. Elle a pour objet d'établir une terminologie commune et la base applicable aux exigences de sécurité des produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance pour plusieurs comités d'études de l'IEC.

La présente norme a été élaborée afin:

- d'être utilisée comme document de référence par les comités de produits du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance;
- de remplacer l'IEC 62103 en tant que norme de famille de produits fournissant les exigences minimales pour les aspects de sécurité des systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance dans les appareils pour lesquels il n'existe pas de norme de produits; et

NOTE Le domaine d'application de l'IEC 62103 comporte des aspects relatifs à la fiabilité qui ne sont pas couverts par la présente norme.

- d'être utilisée comme un document de référence par les comités de produits hors du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux convertisseurs électroniques de puissance et matériels destinés à être utilisés avec des sources d'énergie renouvelable. Au moment de la publication, les TC 82, TC 88, TC 105 et TC 114 ont été notamment reconnus comme des comités d'études pertinents.

Il convient que les comités d'études qui utilisent le présent document tiennent tout particulièrement compte de la pertinence de chaque alinéa du présent document pour le produit à l'étude, et fassent référence, ajoutent, remplacent ou modifient les exigences selon les cas. Les sujets spécifiques aux produits non couverts par le présent document relèvent de la responsabilité des comités d'études qui utilisent le présent document comme document de référence.

La présente norme groupée de sécurité ne prévaut nullement sur toute norme spécifique de produits conformément au Guide 104 de l'IEC. Le Guide 104 de l'IEC fournit des informations sur la responsabilité des comités de produits quant à l'utilisation des normes groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs propres normes de produits.

# EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

## Partie 1: Généralités

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62477 s'applique aux matériels et aux systèmes électroniques de conversion de puissance (SECP), à leurs composants pour la *conversion de puissance électronique* et la commande (ouverture et fermeture) électronique de puissance, y compris les moyens de commande, de protection, de surveillance et de mesure, ayant pour principale fonction la conversion de puissance électrique, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c.

Le présent document peut également être utilisé comme norme de référence par les comités de produits qui élaborent des normes de produits applicables aux:

- systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable;
- alimentations sans interruption autonomes (ASI);
- alimentations stabilisées basse tension en courant continu.

Pour les SECP pour lesquels il n'existe pas de norme de produits, la présente norme spécifie des exigences minimales pour les aspects de sécurité.

La présente partie de l'IEC 62477 a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC applicable aux systèmes électroniques de conversion de puissance et équipements pour énergie solaire, éolienne, des marée, des vagues, des piles à combustible ou sources d'énergie analogues.

Conformément au Guide 104 de l'IEC, il incombe aux comités d'études d'utiliser, dans toute la mesure du possible, les publications fondamentales de sécurité et/ou les publications groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs normes de produits.

La présente Norme internationale:

- établit une terminologie commune applicable aux aspects de sécurité concernant les matériels et les SECP;
- établit les exigences minimales pour la coordination des aspects de sécurité des parties interconnectées au sein d'un SECP;
- établit une base commune applicable aux exigences minimales de sécurité de la partie du convertisseur électronique de puissance (CEP) des produits comprenant un CEP;
- précise des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, en cours d'utilisation et de fonctionnement et, lorsque cela est spécifiquement indiqué, au cours des opérations d'entretien et de maintenance;
- précise les exigences minimales permettant de réduire ces types de risques concernant les matériels enfichables et connectés en permanence, qu'ils soient constitués d'un système d'unités interconnectées ou d'unités indépendantes, faisant l'objet d'opérations d'installation, de fonctionnement et d'entretien du matériel tel que spécifié par le fabricant.

La présente Norme internationale ne couvre pas:

- les appareils de télécommunications autres que les alimentations pour ce type d'appareil;
- les aspects de sécurité fonctionnelle tels que traités par exemple par l'IEC 61508;
- les matériels et systèmes électriques utilisés dans les applications ferroviaires et les véhicules électriques.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible à l'adresse: <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

IEC 60068-2-68, *Essais d'environnement – Partie 2-68: Essais – Essai L: Poussière et sable*

IEC 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais uniquement)

IEC 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60364-5-54:2011, *Installations électriques basse tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC/TS 60479-1, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas* (disponible à l'adresse: <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60664-4:2005, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à haute fréquence*

IEC 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

IEC 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60721-3-3, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

IEC 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

IEC 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 1: Exigences générales*

IEC/TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60949, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

IEC 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-13, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-13: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai de température d'allumabilité au fil incandescent (GWIT) pour matériaux*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

IEC 60990:1999, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

IEC 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais uniquement)

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces* (disponible en anglais uniquement)

ISO 3864-1, *Symboles graphiques - Couleurs de sécurité et signaux de sécurité - Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité sur les lieux de travail et dans les lieux publics*

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index et tableau synoptique* (disponible à l'adresse: <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 9614-1, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

ISO 9772, *Plastiques alvéolaires -- Détermination des caractéristiques de combustion de petites éprouvettes en position horizontale, soumises à une petite flamme*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials* (disponible en anglais uniquement)

ASTM E162 – 11a: *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source* (disponible en anglais uniquement)

# FINAL VERSION

# VERSION FINALE



GROUP SAFETY PUBLICATION  
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

## **Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General**

**Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de  
conversion de puissance –  
Partie 1: Généralités**

## CONTENTS

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                                                  | 8  |
| INTRODUCTION .....                                                                                              | 10 |
| 1 Scope .....                                                                                                   | 11 |
| 2 Normative references .....                                                                                    | 12 |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                   | 14 |
| 4 Protection against hazards .....                                                                              | 24 |
| 4.1 General .....                                                                                               | 24 |
| 4.2 Fault and abnormal conditions .....                                                                         | 25 |
| 4.3 Short circuit and overload protection .....                                                                 | 26 |
| 4.3.1 General .....                                                                                             | 26 |
| 4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output<br>short circuit current ability ..... | 27 |
| 4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection) .....                                                      | 28 |
| 4.3.4 Protection by several devices .....                                                                       | 28 |
| 4.3.5 Input <i>ports short time withstand current</i> , $I_{CW}$ .....                                          | 29 |
| 4.4 Protection against electric shock .....                                                                     | 29 |
| 4.4.1 General .....                                                                                             | 29 |
| 4.4.2 <i>Decisive voltage class</i> .....                                                                       | 29 |
| 4.4.3 Provision for <i>basic protection</i> .....                                                               | 34 |
| 4.4.4 Provision for <i>fault protection</i> .....                                                               | 36 |
| 4.4.5 <i>Enhanced protection</i> .....                                                                          | 42 |
| 4.4.6 Protective measures .....                                                                                 | 43 |
| 4.4.7 Insulation .....                                                                                          | 45 |
| 4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices<br>(RCD) .....                            | 60 |
| 4.4.9 Capacitor discharge .....                                                                                 | 60 |
| 4.5 Protection against electrical energy hazards .....                                                          | 61 |
| 4.5.1 Operator access areas .....                                                                               | 61 |
| 4.5.2 Service access areas .....                                                                                | 62 |
| 4.6 Protection against fire and thermal hazards .....                                                           | 62 |
| 4.6.1 Circuits representing a fire hazard .....                                                                 | 62 |
| 4.6.2 Components representing a fire hazard .....                                                               | 62 |
| 4.6.3 <i>Fire enclosures</i> .....                                                                              | 63 |
| 4.6.4 Temperature limits .....                                                                                  | 67 |
| 4.6.5 Limited power sources .....                                                                               | 70 |
| 4.7 Protection against mechanical hazards .....                                                                 | 71 |
| 4.7.1 General .....                                                                                             | 71 |
| 4.7.2 Specific requirements for liquid cooled <i>PECS</i> .....                                                 | 72 |
| 4.8 Equipment with multiple sources of supply .....                                                             | 73 |
| 4.9 Protection against environmental stresses .....                                                             | 74 |
| 4.10 Protection against sonic pressure hazards .....                                                            | 75 |
| 4.10.1 General .....                                                                                            | 75 |
| 4.10.2 Sonic pressure and sound level .....                                                                     | 75 |
| 4.11 Wiring and connections .....                                                                               | 75 |
| 4.11.1 General .....                                                                                            | 75 |
| 4.11.2 Routing .....                                                                                            | 75 |

|        |                                                                                            |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.11.3 | Colour coding .....                                                                        | 76  |
| 4.11.4 | Splices and connections .....                                                              | 76  |
| 4.11.5 | Accessible connections .....                                                               | 76  |
| 4.11.6 | Interconnections between parts of the <i>PECS</i> .....                                    | 76  |
| 4.11.7 | Supply connections .....                                                                   | 77  |
| 4.11.8 | Terminals .....                                                                            | 77  |
| 4.12   | <i>Enclosures</i> .....                                                                    | 78  |
| 4.12.1 | General .....                                                                              | 78  |
| 4.12.2 | Handles and manual controls .....                                                          | 79  |
| 4.12.3 | Cast metal .....                                                                           | 79  |
| 4.12.4 | Sheet metal .....                                                                          | 79  |
| 4.12.5 | Stability test for <i>enclosure</i> .....                                                  | 82  |
| 5      | Test requirements .....                                                                    | 83  |
| 5.1    | General .....                                                                              | 83  |
| 5.1.1  | Test objectives and classification .....                                                   | 83  |
| 5.1.2  | Selection of test samples .....                                                            | 83  |
| 5.1.3  | Sequence of tests .....                                                                    | 83  |
| 5.1.4  | Earthing conditions .....                                                                  | 83  |
| 5.1.5  | General conditions for tests .....                                                         | 83  |
| 5.1.6  | Compliance .....                                                                           | 84  |
| 5.1.7  | Test overview .....                                                                        | 85  |
| 5.2    | Test specifications .....                                                                  | 86  |
| 5.2.1  | Visual inspections ( <i>type test</i> , <i>sample test</i> and <i>routine test</i> ) ..... | 86  |
| 5.2.2  | Mechanical tests .....                                                                     | 86  |
| 5.2.3  | Electrical tests .....                                                                     | 90  |
| 5.2.4  | Abnormal operation and simulated faults tests .....                                        | 104 |
| 5.2.5  | Material tests .....                                                                       | 110 |
| 5.2.6  | Environmental tests ( <i>type tests</i> ) .....                                            | 114 |
| 5.2.7  | Hydrostatic pressure test ( <i>type test</i> and <i>routine test</i> ) .....               | 119 |
| 6      | Information and marking requirements .....                                                 | 119 |
| 6.1    | General .....                                                                              | 119 |
| 6.2    | Information for selection .....                                                            | 121 |
| 6.3    | Information for installation and commissioning .....                                       | 122 |
| 6.3.1  | General .....                                                                              | 122 |
| 6.3.2  | Mechanical considerations .....                                                            | 122 |
| 6.3.3  | Environment .....                                                                          | 122 |
| 6.3.4  | Handling and mounting .....                                                                | 122 |
| 6.3.5  | <i>Enclosure</i> temperature .....                                                         | 122 |
| 6.3.6  | Connections .....                                                                          | 123 |
| 6.3.7  | Protection requirements .....                                                              | 123 |
| 6.3.8  | Commissioning .....                                                                        | 125 |
| 6.4    | Information for use .....                                                                  | 125 |
| 6.4.1  | General .....                                                                              | 125 |
| 6.4.2  | Adjustment .....                                                                           | 125 |
| 6.4.3  | Labels, signs and signals .....                                                            | 125 |
| 6.5    | Information for maintenance .....                                                          | 127 |
| 6.5.1  | General .....                                                                              | 127 |
| 6.5.2  | Capacitor discharge .....                                                                  | 128 |

|                       |                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.5.3                 | Auto restart/bypass connection .....                                                                                                              | 128 |
| 6.5.4                 | Other hazards .....                                                                                                                               | 128 |
| 6.5.5                 | Equipment with multiple sources of supply .....                                                                                                   | 128 |
| Annex A (normative)   | Additional information for protection against electric shock .....                                                                                | 129 |
| Annex B (informative) | Considerations for the reduction of the pollution degree .....                                                                                    | 149 |
| Annex C (informative) | Symbols referred to in IEC 62477-1 .....                                                                                                          | 150 |
| Annex D (normative)   | Evaluation of clearance and creepage distances .....                                                                                              | 151 |
| Annex E (informative) | Altitude correction for clearances .....                                                                                                          | 159 |
| Annex F (normative)   | Clearance and creepage distance determination for frequencies greater than 30 kHz .....                                                           | 160 |
| Annex G (informative) | Cross-sections of round conductors .....                                                                                                          | 166 |
| Annex H (informative) | Guidelines for RCD compatibility .....                                                                                                            | 167 |
| Annex I (informative) | Examples of overvoltage category reduction .....                                                                                                  | 171 |
| Annex J (informative) | Burn thresholds for touchable surfaces .....                                                                                                      | 178 |
| Annex K (informative) | Table of electrochemical potentials .....                                                                                                         | 181 |
| Annex L (informative) | Measuring instrument for <i>touch current</i> measurements .....                                                                                  | 182 |
| Annex M (informative) | Test probes for determining access .....                                                                                                          | 183 |
| Annex N (informative) | Guidance regarding short-circuit current .....                                                                                                    | 186 |
| Bibliography          | .....                                                                                                                                             | 199 |
| Figure 1              | – Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in dry skin condition .....                                             | 32  |
| Figure 2              | – Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in water-wet skin condition .....                                       | 32  |
| Figure 3              | – Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in saltwater-wet skin condition .....                                   | 33  |
| Figure 4              | – Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i> .....                                              | 38  |
| Figure 5              | – Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i> .....                                              | 39  |
| Figure 6              | – <i>Fire enclosure</i> bottom openings below an unenclosed or partially enclosed fire-hazardous component .....                                  | 65  |
| Figure 7              | – <i>Fire enclosure</i> baffle construction .....                                                                                                 | 66  |
| Figure 8              | – Supported and unsupported <i>enclosure</i> parts .....                                                                                          | 80  |
| Figure 9              | – Impact test using a steel ball .....                                                                                                            | 88  |
| Figure 10             | – Voltage test procedures .....                                                                                                                   | 95  |
| Figure 11             | – Protective equipotential bonding impedance test for separate unit with power fed from the <i>PECS</i> with protection for the power cable ..... | 101 |
| Figure 12             | – Protective equipotential bonding impedance test for sub-assembly with accessible parts and with power fed from the <i>PECS</i> .....            | 102 |
| Figure 13             | – Circuit for high-current arcing test .....                                                                                                      | 111 |
| Figure 14             | – Test fixture for hot-wire ignition test .....                                                                                                   | 112 |
| Figure A.1            | – Protection by <i>DVC</i> As with <i>protective separation</i> .....                                                                             | 129 |
| Figure A.2            | – Protection by means of <i>protective impedance</i> .....                                                                                        | 130 |
| Figure A.3            | – Protection by using limited voltages .....                                                                                                      | 131 |
| Figure A.4            | – Touch time- d.c. voltage zones for dry skin condition .....                                                                                     | 134 |

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure A.5 – Touch time- d.c. voltage zones for water-wet skin condition.....                                                                                             | 134 |
| Figure A.6 – Touch time- d.c. voltage for saltwater-wet skin condition .....                                                                                              | 135 |
| Figure A.7 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                   | 136 |
| Figure A.8 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                             | 136 |
| Figure A.9 – Touch time- d.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition .....                                                                                         | 137 |
| Figure A.10 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                  | 138 |
| Figure A.11 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 138 |
| Figure A.12 – Touch time- a.c. voltage zones for dry skin condition .....                                                                                                 | 139 |
| Figure A.13 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 140 |
| Figure A.14 – Touch time- a.c. voltage of saltwater-wet skin condition.....                                                                                               | 140 |
| Figure A.15 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                  | 141 |
| Figure A.16 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 142 |
| Figure A.17 – Touch time- a.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition.....                                                                                         | 142 |
| Figure A.18 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition .....                                                                                                  | 143 |
| Figure A.19 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition .....                                                                                            | 144 |
| Figure A.20 – Typical waveform for a.c. <i>working voltage</i> .....                                                                                                      | 145 |
| Figure A.21 – Typical waveform for d.c. <i>working voltage</i> .....                                                                                                      | 145 |
| Figure A.22 – Typical waveform for pulsating <i>working voltage</i> .....                                                                                                 | 146 |
| Figure F.1 – Diagram for dimensioning of clearances .....                                                                                                                 | 161 |
| Figure F.2 – Diagram for dimensioning of creepage distances .....                                                                                                         | 163 |
| Figure H.1 – Flow chart leading to selection of the RCD type upstream of a <i>PECS</i> .....                                                                              | 167 |
| Figure H.2 – Fault current waveforms in connections with power electronic converter<br>devices.....                                                                       | 169 |
| Figure F.3 – Permissible field strength for dimensioning of solid <i>insulation</i> according<br>to Equation (1).....                                                     | 165 |
| Figure I.1 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the<br><i>installation mains supply</i> .....                                     | 171 |
| Figure I.2 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> .....                                                                   | 172 |
| Figure I.3 – <i>Basic insulation</i> evaluation for single and three phase equipment not<br><i>permanently connected</i> to the <i>mains supply</i> .....                 | 172 |
| Figure I.4 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the<br><i>installation mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used ..... | 172 |
| Figure I.5 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i><br>where internal <i>SPDs</i> are used.....                             | 173 |
| Figure I.6 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the<br><i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....             | 173 |
| Figure I.7 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the<br><i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....             | 174 |
| Figure I.8 –Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the<br><i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....              | 174 |
| Figure I.9 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the <i>mains</i><br><i>supply</i> .....                                            | 174 |
| Figure I.10 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the<br>supply mains .....                                                         | 175 |
| Figure I.11 – Functional <i>insulation</i> evaluation within circuits affected by external<br>transients .....                                                            | 175 |

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure I.12 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits both connected and not connected directly to the <i>mains supply</i> .....                                  | 176 |
| Figure I.13 – <i>Insulation</i> evaluation for accessible circuit of <i>DVC A</i> .....                                                                                   | 176 |
| Figure I.14 – <i>PEC</i> with <i>mains</i> and non- <i>mains supply</i> without galvanic separation .....                                                                 | 177 |
| Figure I.15 – Transformer (basic) isolated <i>PEC</i> inverter with <i>SPD</i> and transformer to reduce impulse voltage for functional and <i>basic insulation</i> ..... | 177 |
| Figure J.1 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of bare (uncoated) metal .....                                              | 178 |
| Figure J.2 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals which are coated by shellac varnish of a thickness of 50 µm, 100 µm and 150 µm.....             | 179 |
| Figure J.3 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals coated with the specific materials .....                                                        | 179 |
| Figure J.4 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of ceramics, glass and stone materials .....                                | 180 |
| Figure J.5 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of plastics .....                                                           | 180 |
| Figure K.1 – Electrochemical potentials (V) .....                                                                                                                         | 181 |
| Figure L.1 – Measuring instrument .....                                                                                                                                   | 182 |
| Figure M.1 – Sphere 50 mm probe (IPXXA).....                                                                                                                              | 183 |
| Figure M.2 – Jointed test finger (IPXXB) .....                                                                                                                            | 184 |
| Figure M.3 – Test rod 2,5 mm (IP3X) .....                                                                                                                                 | 185 |
| Figure N.1 – Example of short-circuit current curve under specification of $I_{CC}$ .....                                                                                 | 188 |
| Figure N.2 – Example of tripping characteristic of a circuit breaker.....                                                                                                 | 189 |
| Figure N.3 – Example of tripping characteristic of a current-limiting fuse .....                                                                                          | 189 |
| Figure N.4 – Example of short-circuit current curve under specification of $I_{CW}$ .....                                                                                 | 190 |
| Figure N.5 – Two <i>PECS</i> with different specifications .....                                                                                                          | 191 |
| Figure N.6 – One <i>PECS</i> with different specification for each input <i>mains supply port</i> .....                                                                   | 193 |
| Figure N.7 – Flowchart for classification of $I_{CC}$ or $I_{CW}$ .....                                                                                                   | 196 |
| Table 1 – Alphabetical list of terms .....                                                                                                                                | 15  |
| Table 2 – Selection of <i>DVC</i> for touch voltage to protect against <i>ventricular fibrillation</i> .....                                                              | 30  |
| Table 3 – Selection of body contact area.....                                                                                                                             | 30  |
| Table 4 – Selection of humidity condition of the skin .....                                                                                                               | 31  |
| Table 5 – Steady state voltage limits for the <i>decisive voltage classes</i> .....                                                                                       | 31  |
| Table 6 – Protection requirements for circuit under consideration .....                                                                                                   | 34  |
| Table 7 – <i>PE conductor</i> cross-section <sup>a</sup> .....                                                                                                            | 40  |
| Table 8 – Definitions of pollution degrees.....                                                                                                                           | 46  |
| Table 9 – Impulse withstand voltage and <i>temporary overvoltage</i> versus system voltage.....                                                                           | 48  |
| Table 10 – Clearance distances for <i>functional</i> , <i>basic</i> or <i>supplementary insulation</i> .....                                                              | 53  |
| Table 11 – Creepage distances (in millimetres) .....                                                                                                                      | 55  |
| Table 12 – Generic materials for the direct support of uninsulated <i>live parts</i> .....                                                                                | 57  |
| Table 13 – Permitted openings in <i>fire enclosure</i> bottoms .....                                                                                                      | 66  |
| Table 14 – Maximum measured total temperatures for internal materials and components.....                                                                                 | 68  |
| Table 15 – Maximum measured temperatures for accessible parts of the <i>PECS</i> .....                                                                                    | 70  |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Table 16 – Limits for sources without an overcurrent protective device .....                                                                      | 71  |
| Table 17 – Limits for power sources with an overcurrent protective device .....                                                                   | 71  |
| Table 18 – Environmental service conditions .....                                                                                                 | 74  |
| Table 19 – Wire bending space from terminals to <i>enclosure</i> .....                                                                            | 78  |
| Table 20 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : carbon steel or stainless steel .....                                                 | 81  |
| Table 21 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : aluminium, copper or brass .....                                                      | 82  |
| Table 22 – Test overview .....                                                                                                                    | 85  |
| Table 23 – Pull values for handles and manual control securement .....                                                                            | 90  |
| Table 24 – Impulse voltage test .....                                                                                                             | 91  |
| Table 25 – Impulse test voltage .....                                                                                                             | 92  |
| Table 26 – AC or d.c. test voltage for circuits connected directly to <i>mains supply</i> .....                                                   | 93  |
| Table 27 – A.c. or d.c. test voltage for circuits connected to <i>non-mains supply</i> without<br><i>temporary overvoltages</i> .....             | 94  |
| Table 28 – Partial discharge test .....                                                                                                           | 97  |
| Table 29 – Test duration for <i>protective equipotential bonding</i> test .....                                                                   | 103 |
| Table 30 – Environmental tests .....                                                                                                              | 115 |
| Table 31 – Dry heat test (steady state) .....                                                                                                     | 116 |
| Table 32 – Damp heat test (steady state) .....                                                                                                    | 117 |
| Table 33 – Vibration test .....                                                                                                                   | 118 |
| Table 34 – Salt mist test .....                                                                                                                   | 118 |
| Table 35 – Dust and sand test .....                                                                                                               | 119 |
| Table 36 – Information requirements .....                                                                                                         | 120 |
| Table 37 – A.c. <i>short time withstand current</i> test, minimum PECS requirements .....                                                         | 110 |
| Table A.1 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>ventricular fibrillation</i> .....                                              | 132 |
| Table A.2 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>muscular reaction</i> .....                                                     | 133 |
| Table A.3 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>startle reaction</i> .....                                                      | 133 |
| Table A.4 – Examples for protection against electrical shock .....                                                                                | 148 |
| Table C.1 – Symbols used .....                                                                                                                    | 150 |
| Table D.1 – Width of grooves by pollution degree .....                                                                                            | 151 |
| Table E.1 – Correction factor for clearances at altitudes between 2 000 m and<br>20 000 m .....                                                   | 159 |
| Table E.2 – Test voltages for verifying clearances at different altitudes .....                                                                   | 159 |
| Table F.1 – Minimum values of clearances in air at atmospheric pressure for<br>inhomogeneous field conditions (Table 1 of IEC 60664-4:2005) ..... | 162 |
| Table F.2 – Multiplication factors for clearances in air at atmospheric pressure for<br>approximately homogeneous field conditions .....          | 162 |
| Table F.3 – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges<br>(Table 2 of IEC 60664-4:2005) .....                            | 164 |
| Table G.1 – Standard cross-sections of round conductors .....                                                                                     | 166 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC  
CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –****Part 1: General**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

**DISCLAIMER**

**This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.**

**This Consolidated version of IEC 62477-1 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2012-07) [documents 22/200/FDIS and 22/204/RVD] and its amendment 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS and 22/274/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.**

**This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 12. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.**

International Standard IEC 62477-1 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

It has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 62477 series, published under the general title *Safety requirements for power electronic convertor systems and equipment* can be found on the IEC website.

In this standard, terms in *italic* are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## INTRODUCTION

This International Standard relates to products that include power electronic converters, with a rated system voltage not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. It specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, except functional safety as defined in IEC 61508. The objectives of this document are to establish a common terminology and basis for the safety requirements of products that contain power electronic converters across several IEC technical committees.

This standard has been developed with the intention:

- to be used as a reference document for product committees inside TC 22 in the development of product standards for power electronic converter systems and equipment;
- to replace IEC 62103 as a product family standard providing minimum requirements for safety aspects of power electronic converter systems and equipment in apparatus for which no product standard exists; and

NOTE The scope of IEC 62103 contains reliability aspects, which are not covered by this standard.

- to be used as a reference document for product committees outside TC 22 in the development of product standards of power electronic converter systems and equipment intended renewable energy sources. TC 82, TC 88, TC 105 and TC 114, in particular, have been identified as relevant technical committees at the time of publication.

Technical committees using this document should carefully consider the relevance of each paragraph in this document for the product under consideration and reference, add, replace or modify requirement as relevant. Product specific topics not covered by this document are in the responsibility of the technical committees using this document as reference document.

This group safety standard will not take precedence on any product specific standard according to IEC Guide 104. IEC Guide 104 provides information about the responsibility of product committees to use group safety standards for the development of their own product standards.

## SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –

### Part 1: General

#### 1 Scope

This part of IEC 62477 applies to Power Electronic Converter Systems (PECS) and equipment, their components for *electronic power conversion* and electronic power switching, including the means for their control, protection, monitoring and measurement, such as with the main purpose of converting electric power, with rated system voltages not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.

This document may also be used as a reference standard for product committees producing product standards for:

- adjustable speed electric power drive systems (PDS);
- standalone uninterruptible power systems (UPS);
- low voltage stabilized d.c. power supplies.

For PECS for which no product standard exists, this standard provides minimum requirements for safety aspects.

This part of IEC 62477 has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 for power electronic converter systems and equipment for solar, wind, tidal, wave, fuel cell or similar energy sources.

According to IEC Guide 104, one of the responsibilities of technical committees is, wherever applicable, to make use of basic safety publications and/or group safety publications in the preparation of their product standards.

This International Standard:

- establishes a common terminology for safety aspects relating to PECS and equipment;
- establishes minimum requirements for the coordination of safety aspects of interrelated parts within a PECS;
- establishes a common basis for minimum safety requirements for the PEC portion of products that contain PEC;
- specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, during use and operation and, where specifically stated, during service and maintenance;
- specifies minimum requirements to reduce risks with respect to pluggable and permanently connected equipment, whether it consists of a system of interconnected units or independent units, subject to installing, operating and maintaining the equipment in the manner prescribed by the manufacturer.

This International Standard does not cover:

- telecommunications apparatus other than power supplies to such apparatus;
- functional safety aspects as covered by e.g. IEC 61508;

- electrical equipment and systems for railways applications and electric vehicles.

## 2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-68, *Environmental testing – Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-54:2011, *Low voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

IEC/TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available from <<http://std.iec.ch/iec60617>>)

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-4:2005, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat - Ball pressure test*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

IEC/TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-13, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61032:1997, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis* (available from <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 9614-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9772, *Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials*

ASTM E162 – 11a, *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source*

## SOMMAIRE

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                    | 209 |
| INTRODUCTION .....                                                                                                    | 211 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                         | 212 |
| 2 Références normatives .....                                                                                         | 213 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                         | 215 |
| 4 Protection contre les dangers .....                                                                                 | 226 |
| 4.1 Généralités .....                                                                                                 | 226 |
| 4.2 Conditions anormales et de défaut .....                                                                           | 227 |
| 4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités .....                                                  | 228 |
| 4.3.1 Généralités .....                                                                                               | 228 |
| 4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie ..... | 229 |
| 4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours) .....                                                     | 230 |
| 4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs .....                                                                      | 231 |
| 4.3.5 <i>Courant de courte durée admissible des accès d'entrée, <math>I_{CW}</math></i> .....                         | 231 |
| 4.4 Protection contre les chocs électriques .....                                                                     | 231 |
| 4.4.1 Généralités .....                                                                                               | 231 |
| 4.4.2 <i>Classe de tension déterminante</i> .....                                                                     | 231 |
| 4.4.3 Disposition relative à la <i>protection principale</i> .....                                                    | 237 |
| 4.4.4 Disposition relative à la <i>protection en cas de défaut</i> .....                                              | 239 |
| 4.4.5 <i>Protection renforcée</i> .....                                                                               | 245 |
| 4.4.6 Mesures de protection .....                                                                                     | 246 |
| 4.4.7 Isolation .....                                                                                                 | 248 |
| 4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR) .....                    | 264 |
| 4.4.9 Décharge de condensateurs .....                                                                                 | 265 |
| 4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique .....                                                    | 265 |
| 4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur .....                                                                              | 265 |
| 4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance .....                                                                         | 266 |
| 4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques .....                                                      | 266 |
| 4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie .....                                                                | 266 |
| 4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie .....                                                              | 267 |
| 4.6.3 <i>Enveloppes contre le feu</i> .....                                                                           | 268 |
| 4.6.4 Limites de température .....                                                                                    | 272 |
| 4.6.5 Sources à puissance limitée .....                                                                               | 275 |
| 4.7 Protection contre les dangers mécaniques .....                                                                    | 277 |
| 4.7.1 Généralités .....                                                                                               | 277 |
| 4.7.2 Exigences spécifiques pour le <i>SECP</i> refroidi par liquide .....                                            | 277 |
| 4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation .....                                                                | 278 |
| 4.9 Protection contre les contraintes environnementales .....                                                         | 279 |
| 4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique .....                                                 | 280 |
| 4.10.1 Généralités .....                                                                                              | 280 |
| 4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit .....                                                                   | 280 |
| 4.11 Câblage et raccordements .....                                                                                   | 281 |
| 4.11.1 Généralités .....                                                                                              | 281 |
| 4.11.2 Cheminement .....                                                                                              | 281 |

|        |                                                                                                          |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.11.3 | Codage couleur .....                                                                                     | 281 |
| 4.11.4 | Epissures et raccordements .....                                                                         | 281 |
| 4.11.5 | Connexions accessibles .....                                                                             | 282 |
| 4.11.6 | Interconnexions entre les parties d'un <i>SECP</i> .....                                                 | 282 |
| 4.11.7 | Raccordement de l'alimentation .....                                                                     | 282 |
| 4.11.8 | Bornes de connexion .....                                                                                | 282 |
| 4.12   | Enveloppes .....                                                                                         | 284 |
| 4.12.1 | Généralités .....                                                                                        | 284 |
| 4.12.2 | Poignées et organes de commande manuels .....                                                            | 285 |
| 4.12.3 | Métaux coulés .....                                                                                      | 285 |
| 4.12.4 | Tôle .....                                                                                               | 285 |
| 4.12.5 | Essai de stabilité pour <i>enveloppe</i> .....                                                           | 288 |
| 5      | Exigences d'essai .....                                                                                  | 289 |
| 5.1    | Généralités .....                                                                                        | 289 |
| 5.1.1  | Objectifs et classification des essais .....                                                             | 289 |
| 5.1.2  | Sélection des échantillons pour les essais .....                                                         | 289 |
| 5.1.3  | Séquence d'essais .....                                                                                  | 289 |
| 5.1.4  | Conditions de mise à la terre .....                                                                      | 289 |
| 5.1.5  | Conditions générales d'essai .....                                                                       | 290 |
| 5.1.6  | Conformité .....                                                                                         | 290 |
| 5.1.7  | Vue d'ensemble des essais .....                                                                          | 291 |
| 5.2    | Spécifications des essais .....                                                                          | 293 |
| 5.2.1  | Inspections visuelles ( <i>essai de type, essai sur prélèvement et essai individuel de série</i> ) ..... | 293 |
| 5.2.2  | Essais mécaniques .....                                                                                  | 293 |
| 5.2.3  | Essais électriques .....                                                                                 | 298 |
| 5.2.4  | Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés .....                                             | 314 |
| 5.2.5  | Essais de matériaux .....                                                                                | 321 |
| 5.2.6  | Essais environnementaux ( <i>essais de type</i> ) .....                                                  | 325 |
| 5.2.7  | Pression hydrostatique ( <i>essai de type et essai individuel de série</i> ) .....                       | 330 |
| 6      | Exigences relatives aux informations et au marquage .....                                                | 330 |
| 6.1    | Généralités .....                                                                                        | 330 |
| 6.2    | Informations pour le choix .....                                                                         | 332 |
| 6.3    | Informations pour l'installation et la mise en service .....                                             | 333 |
| 6.3.1  | Généralités .....                                                                                        | 333 |
| 6.3.2  | Considérations d'ordre mécanique .....                                                                   | 333 |
| 6.3.3  | Environnement .....                                                                                      | 333 |
| 6.3.4  | Manutention et montage .....                                                                             | 334 |
| 6.3.5  | Température de l' <i>enveloppe</i> .....                                                                 | 334 |
| 6.3.6  | Connexions .....                                                                                         | 334 |
| 6.3.7  | Exigences de protection .....                                                                            | 335 |
| 6.3.8  | Mise en service .....                                                                                    | 336 |
| 6.4    | Informations pour l'utilisation .....                                                                    | 336 |
| 6.4.1  | Généralités .....                                                                                        | 336 |
| 6.4.2  | Réglage .....                                                                                            | 337 |
| 6.4.3  | Étiquettes, panneaux et signaux .....                                                                    | 337 |
| 6.5    | Informations pour la maintenance .....                                                                   | 339 |
| 6.5.1  | Généralités .....                                                                                        | 339 |

|                                                                                                                                                                        |                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|
| 6.5.2                                                                                                                                                                  | Décharge de condensateurs.....                       | 339 |
| 6.5.3                                                                                                                                                                  | Redémarrage automatique/connexion de dérivation..... | 340 |
| 6.5.4                                                                                                                                                                  | Autres dangers .....                                 | 340 |
| 6.5.5                                                                                                                                                                  | Matériels à plusieurs sources d'alimentation .....   | 340 |
| Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques.....                                                                 |                                                      | 341 |
| Annexe B (informative) Considérations relatives à la réduction du degré de pollution .....                                                                             |                                                      | 362 |
| Annexe C (informative) Symboles référencés dans l'IEC 62477-1.....                                                                                                     |                                                      | 363 |
| Annexe D (normative) Evaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite .....                                                                      |                                                      | 364 |
| Annexe E (informative) Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air .....                                                                           |                                                      | 371 |
| Annexe F (normative) Détermination de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite pour des fréquences supérieures à 30 kHz.....                         |                                                      | 373 |
| Annexe G (informative) Sections de conducteurs ronds.....                                                                                                              |                                                      | 379 |
| Annexe H (informative) Principes directeurs pour la compatibilité des DDR .....                                                                                        |                                                      | 380 |
| Annexe I (informative) Exemples de réduction de catégorie de surtension .....                                                                                          |                                                      | 384 |
| Annexe J (informative) Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher.....                                                                                 |                                                      | 391 |
| Annexe K (informative) Tableau des potentiels électrochimiques.....                                                                                                    |                                                      | 394 |
| Annexe L (informative) Instrument de mesure du <i>courant de contact</i> .....                                                                                         |                                                      | 395 |
| Annexe M (informative) Doigts d'essai pour détermination de l'accès .....                                                                                              |                                                      | 396 |
| Annexe N (informative) Lignes directrices relatives au courant de court-circuit .....                                                                                  |                                                      | 399 |
| Bibliographie .....                                                                                                                                                    |                                                      | 413 |
| Figure 1 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau sèche.....                               |                                                      | 235 |
| Figure 2 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide.....                              |                                                      | 235 |
| Figure 3 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide-salée .....                       |                                                      | 236 |
| Figure 4 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....                                                           |                                                      | 241 |
| Figure 5 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....                                                           |                                                      | 242 |
| Figure 6 – Ouvertures dans le fond d'une <i>enveloppe contre le feu</i> sous un composant représentant un danger d'incendie non enfermé ou partiellement enfermé.....  |                                                      | 270 |
| Figure 7 – Construction de l' <i>enveloppe contre le feu</i> avec plaque écran .....                                                                                   |                                                      | 271 |
| Figure 8 – Parties d' <i>enveloppe</i> avec et sans châssis support .....                                                                                              |                                                      | 286 |
| Figure 9 – Essai de choc utilisant la sphère d'acier .....                                                                                                             |                                                      | 296 |
| Figure 10 – Procédures d'essai de tension.....                                                                                                                         |                                                      | 304 |
| Figure 11 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour unité séparée alimentée par le <i>SECP</i> avec protection du câble d'alimentation..... |                                                      | 311 |
| Figure 12 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour sous-ensemble avec parties accessibles et alimenté par le <i>SECP</i> .....             |                                                      | 312 |
| Figure 13 – Circuit pour essai de formation d'arc à courant élevé .....                                                                                                |                                                      | 321 |
| Figure 14 – Montage pour essai d'inflammation au fil chaud .....                                                                                                       |                                                      | 323 |
| Figure A.1 – Protection au moyen de la <i>CTD As</i> avec <i>séparation de protection</i> .....                                                                        |                                                      | 341 |
| Figure A.2 – Protection au moyen de l' <i>impédance de protection</i> .....                                                                                            |                                                      | 342 |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure A.3 – Protection au moyen de tensions limitées .....                                                                                       | 343 |
| Figure A.4 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche .....                                                        | 346 |
| Figure A.5 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide .....                                                       | 347 |
| Figure A.6 – Zone temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                               | 347 |
| Figure A.7 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche .....                                                        | 348 |
| Figure A.8 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide .....                                                       | 348 |
| Figure A.9 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                              | 349 |
| Figure A.10 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche .....                                                       | 350 |
| Figure A.11 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide .....                                                      | 350 |
| Figure A.12 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche .....                                                    | 351 |
| Figure A.13 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide .....                                                   | 352 |
| Figure A.14 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                          | 352 |
| Figure A.15 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche .....                                                    | 353 |
| Figure A.16 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide .....                                                   | 354 |
| Figure A.17 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée .....                                          | 354 |
| Figure A.18 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche .....                                                    | 355 |
| Figure A.19 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide .....                                                   | 356 |
| Figure A.20 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.a. ....                                                                | 357 |
| Figure A.21 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.c. ....                                                                | 357 |
| Figure A.22 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> pulsante .....                                                           | 358 |
| Figure F.1 – Schéma de dimensionnement des distances d'isolement dans l'air .....                                                                 | 374 |
| Figure F.2 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite .....                                                                                  | 376 |
| Figure F.3 – Champ admissible pour le dimensionnement de l' <i>isolation</i> solide selon l'Equation (1) .....                                    | 378 |
| Figure H.1 – Organigramme de sélection du type de DDR en amont d'un <i>SECP</i> .....                                                             | 380 |
| Figure H.2 – Formes d'ondes des courants de défaut dans des montages avec convertisseurs électroniques de puissance .....                         | 382 |
| Figure I.1 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l'installation</i> .....        | 384 |
| Figure I.2 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> .....                                      | 385 |
| Figure I.3 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les matériels mono et triphasés non connectés en permanence au <i>réseau</i> ..... | 385 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure I.4 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l'installation</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                 | 385 |
| Figure I.5 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                               | 386 |
| Figure I.6 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                 | 386 |
| Figure I.7 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                 | 387 |
| Figure I.8 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés .....                                                                 | 387 |
| Figure I.9 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i> .....                                                                                                                                                           | 388 |
| Figure I.10 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i> .....                                                                                                                                                          | 388 |
| Figure I.11 – Evaluation de l' <i>isolation</i> fonctionnelle des circuits affectés par les transitoires externes .....                                                                                                                                                                | 388 |
| Figure I.12 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés et non connectés directement au <i>réseau</i> .....                                                                                                                                             | 389 |
| Figure I.13 – Evaluation de l' <i>isolation</i> pour un circuit accessible de <i>CTD A</i> .....                                                                                                                                                                                       | 389 |
| Figure I.14 – <i>CEP</i> avec <i>réseau</i> et non- <i>réseau</i> sans séparation galvanique .....                                                                                                                                                                                     | 390 |
| Figure I.15 – Convertisseur <i>CEP</i> isolé par des transformateurs (de base) avec <i>dispositif de protection contre les surtensions (SPD)</i> et transformateur pour réduction de la tension de choc pour l' <i>isolation fonctionnelle</i> et l' <i>isolation principale</i> ..... | 390 |
| Figure J.1 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en métal nu (non revêtu) .....                                                                                                                                             | 391 |
| Figure J.2 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus d'une gomme-laque d'une épaisseur de 50 µm, 100 µm et 150 µm .....                                                                                                            | 392 |
| Figure J.3 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus de matériaux particuliers .....                                                                                                                                               | 392 |
| Figure J.4 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante constituée de céramique, verre et pierres .....                                                                                                                            | 393 |
| Figure J.5 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en plastique .....                                                                                                                                                         | 393 |
| Figure K.1 – Potentiels électrochimiques (V) .....                                                                                                                                                                                                                                     | 394 |
| Figure L.1 – Instrument de mesure .....                                                                                                                                                                                                                                                | 395 |
| Figure M.1 – Sphère d'essai de 50 mm (IPXXA) .....                                                                                                                                                                                                                                     | 396 |
| Figure M.2 – Doigt d'essai assemblé (IPXXB) .....                                                                                                                                                                                                                                      | 397 |
| Figure M.3 – Tige d'essai de 2,5 mm (IP3X) .....                                                                                                                                                                                                                                       | 398 |
| Figure N.1 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de $I_{CC}$ .....                                                                                                                                                                                    | 401 |
| Figure N.2 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur .....                                                                                                                                                                                                        | 402 |
| Figure N.3 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un fusible limiteur de courant .....                                                                                                                                                                                        | 402 |
| Figure N.4 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de $I_{CW}$ .....                                                                                                                                                                                    | 403 |
| Figure N.5 – Deux <i>SECP</i> avec différentes spécifications .....                                                                                                                                                                                                                    | 405 |

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure N.6 – Un SECP avec spécification différente pour chaque accès d'entrée de l'alimentation réseau.....                  | 407 |
| Figure N.7 – Organigramme pour la classification de $I_{CC}$ ou de $I_{CW}$ .....                                            | 410 |
| Tableau 1 – Liste alphabétique des termes .....                                                                              | 216 |
| Tableau 2 – Sélection de la CTD pour la tension de contact en cas de fibrillation ventriculaire .....                        | 232 |
| Tableau 3 – Choix de la surface de contact du corps.....                                                                     | 233 |
| Tableau 4 – Choix de la condition d'humidité de la peau .....                                                                | 233 |
| Tableau 5 – Limites de tension en état stable pour les classes de tension déterminante .....                                 | 234 |
| Tableau 6 – Exigences de protection pour le circuit à l'étude.....                                                           | 237 |
| Tableau 7 – Section du conducteur de mise à la terre de protection <sup>a</sup> .....                                        | 243 |
| Tableau 8 – Définitions des degrés de pollution .....                                                                        | 249 |
| Tableau 9 – Tension de choc et surtension temporaire par rapport à la tension système.....                                   | 251 |
| Tableau 10 – Distances d'isolement dans l'air pour l'isolation fonctionnelle, principale ou supplémentaire .....             | 256 |
| Tableau 11 – Lignes de fuite (en millimètres) .....                                                                          | 259 |
| Tableau 12 – Matériaux génériques utilisés pour le support direct des parties actives non isolées.....                       | 261 |
| Tableau 13 – Ouvertures admissibles dans les fonds des enveloppes contre le feu .....                                        | 271 |
| Tableau 14 – Températures totales maximales mesurées pour les composants et matériaux internes .....                         | 273 |
| Tableau 15 – Températures maximales mesurées pour les parties accessibles du SECP .....                                      | 275 |
| Tableau 16 – Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités .....                   | 276 |
| Tableau 17 – Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités .....                   | 276 |
| Tableau 18 – Conditions environnementales de service .....                                                                   | 280 |
| Tableau 19 – Espace de courbure des fils des bornes à l'enveloppe .....                                                      | 284 |
| Tableau 20 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: acier au carbone ou acier inoxydable.....                                     | 287 |
| Tableau 21 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: aluminium, cuivre ou laiton .....                                             | 288 |
| Tableau 22 – Vue d'ensemble des essais.....                                                                                  | 292 |
| Tableau 23 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels .....              | 298 |
| Tableau 24 – Essai de tension de choc .....                                                                                  | 299 |
| Tableau 25 – Tension d'essai de choc .....                                                                                   | 300 |
| Tableau 26 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au réseau .....                     | 301 |
| Tableau 27 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits non raccordés au réseau sans surtensions temporaires..... | 302 |
| Tableau 28 – Essai de décharge partielle.....                                                                                | 306 |
| Tableau 29 – Durée de l'essai de liaison équipotentielle de protection.....                                                  | 313 |
| Tableau 30 – Essais environnementaux .....                                                                                   | 326 |
| Tableau 31 – Essai de chaleur sèche (régime permanent).....                                                                  | 327 |

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau 32 – Essai de chaleur humide (régime permanent).....                                                                                                                              | 328 |
| Tableau 33 – Essai de vibration .....                                                                                                                                                     | 329 |
| Tableau 34 – Essai au brouillard salin.....                                                                                                                                               | 329 |
| Tableau 35 – Essai aux poussières et sable.....                                                                                                                                           | 330 |
| Tableau 36 – Exigences d'informations .....                                                                                                                                               | 331 |
| Tableau 37 – Essai de tenue au <i>courant alternatif de courte durée admissible</i> ,<br>exigences minimales applicables au SECP .....                                                    | 320 |
| Tableau A.1 – Choix d'une tension de contact réglée pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> .....                                                                                       | 344 |
| Tableau A.2 – Choix d'une tension de contact réglée pour un <i>fort effet musculaire</i> .....                                                                                            | 345 |
| Tableau A.3 – Choix d'une tension de contact réglée pour une <i>réaction de<br/>tressaillement</i> .....                                                                                  | 345 |
| Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques .....                                                                                                                   | 360 |
| Tableau C.1 – Symboles utilisés .....                                                                                                                                                     | 363 |
| Tableau D.1 – Largeur des rainures en fonction du degré de pollution .....                                                                                                                | 364 |
| Tableau E.1 – Facteur de correction pour les distances d'isolement dans l'air à des<br>altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m .....                                                | 371 |
| Tableau E.2 – Tensions d'essai pour la vérification des distances d'isolement dans<br>l'air à des altitudes différentes .....                                                             | 371 |
| Tableau F.1 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air à la pression<br>atmosphérique dans des conditions de champs non homogènes (Tableau 1 de<br>l'IEC 60664-4:2005)..... | 375 |
| Tableau F.2 – Facteurs multiplicatifs pour les distances d'isolement dans l'air à la<br>pression atmosphérique pour des conditions de champs presque homogènes .....                      | 375 |
| Tableau F.3 – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes plages de<br>fréquences (Tableau 2 de l'IEC 60664-4:2005).....                                                       | 377 |
| Tableau G.1 – Sections normales de conducteurs ronds .....                                                                                                                                | 379 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

## Partie 1: Généralités

### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

#### DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

**Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.**

**Cette version consolidée de l'IEC 62477-1 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2012-07) [documents 22/200/FDIS et 22/204/RVD] et son amendement 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS et 22/274/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.**

**Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 62477-1 a été établie par le comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Elle a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62477, publiées sous le titre général *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Dans la présente norme, les termes en *italique* sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

La présente Norme internationale concerne les produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. Elle spécifie des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, à l'exception de la sécurité fonctionnelle définie dans l'IEC 61508. Elle a pour objet d'établir une terminologie commune et la base applicable aux exigences de sécurité des produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance pour plusieurs comités d'études de l'IEC.

La présente norme a été élaborée afin:

- d'être utilisée comme document de référence par les comités de produits du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance;
- de remplacer l'IEC 62103 en tant que norme de famille de produits fournissant les exigences minimales pour les aspects de sécurité des systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance dans les appareils pour lesquels il n'existe pas de norme de produits; et

NOTE Le domaine d'application de l'IEC 62103 comporte des aspects relatifs à la fiabilité qui ne sont pas couverts par la présente norme.

- d'être utilisée comme un document de référence par les comités de produits hors du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux convertisseurs électroniques de puissance et matériels destinés à être utilisés avec des sources d'énergie renouvelable. Au moment de la publication, les TC 82, TC 88, TC 105 et TC 114 ont été notamment reconnus comme des comités d'études pertinents.

Il convient que les comités d'études qui utilisent le présent document tiennent tout particulièrement compte de la pertinence de chaque alinéa du présent document pour le produit à l'étude, et fassent référence, ajoutent, remplacent ou modifient les exigences selon les cas. Les sujets spécifiques aux produits non couverts par le présent document relèvent de la responsabilité des comités d'études qui utilisent le présent document comme document de référence.

La présente norme groupée de sécurité ne prévaut nullement sur toute norme spécifique de produits conformément au Guide 104 de l'IEC. Le Guide 104 de l'IEC fournit des informations sur la responsabilité des comités de produits quant à l'utilisation des normes groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs propres normes de produits.

# EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

## Partie 1: Généralités

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62477 s'applique aux matériels et aux systèmes électroniques de conversion de puissance (SECP), à leurs composants pour la *conversion de puissance électronique* et la commande (ouverture et fermeture) électronique de puissance, y compris les moyens de commande, de protection, de surveillance et de mesure, ayant pour principale fonction la conversion de puissance électrique, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c.

Le présent document peut également être utilisé comme norme de référence par les comités de produits qui élaborent des normes de produits applicables aux:

- systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable;
- alimentations sans interruption autonomes (ASI);
- alimentations stabilisées basse tension en courant continu.

Pour les SECP pour lesquels il n'existe pas de norme de produits, la présente norme spécifie des exigences minimales pour les aspects de sécurité.

La présente partie de l'IEC 62477 a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC applicable aux systèmes électroniques de conversion de puissance et équipements pour énergie solaire, éolienne, des marée, des vagues, des piles à combustible ou sources d'énergie analogues.

Conformément au Guide 104 de l'IEC, il incombe aux comités d'études d'utiliser, dans toute la mesure du possible, les publications fondamentales de sécurité et/ou les publications groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs normes de produits.

La présente Norme internationale:

- établit une terminologie commune applicable aux aspects de sécurité concernant les matériels et les SECP;
- établit les exigences minimales pour la coordination des aspects de sécurité des parties interconnectées au sein d'un SECP;
- établit une base commune applicable aux exigences minimales de sécurité de la partie du convertisseur électronique de puissance (CEP) des produits comprenant un CEP;
- précise des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, en cours d'utilisation et de fonctionnement et, lorsque cela est spécifiquement indiqué, au cours des opérations d'entretien et de maintenance;
- précise les exigences minimales permettant de réduire ces types de risques concernant les matériels enfichables et connectés en permanence, qu'ils soient constitués d'un système d'unités interconnectées ou d'unités indépendantes, faisant l'objet d'opérations d'installation, de fonctionnement et d'entretien du matériel tel que spécifié par le fabricant.

La présente Norme internationale ne couvre pas:

- les appareils de télécommunications autres que les alimentations pour ce type d'appareil;
- les aspects de sécurité fonctionnelle tels que traités par exemple par l'IEC 61508;
- les matériels et systèmes électriques utilisés dans les applications ferroviaires et les véhicules électriques.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible à l'adresse: <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

IEC 60068-2-68, *Essais d'environnement – Partie 2-68: Essais – Essai L: Poussière et sable*

IEC 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais uniquement)

IEC 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60364-5-54:2011, *Installations électriques basse tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC/TS 60479-1, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas* (disponible à l'adresse: <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60664-4:2005, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à haute fréquence*

IEC 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

IEC 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60721-3-3, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

IEC 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

IEC 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 1: Exigences générales*

IEC/TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60949, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

IEC 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-13, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-13: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai de température d'allumabilité au fil incandescent (GWIT) pour matériaux*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

IEC 60990:1999, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

IEC 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais uniquement)

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces* (disponible en anglais uniquement)

ISO 3864-1, *Symboles graphiques - Couleurs de sécurité et signaux de sécurité - Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité sur les lieux de travail et dans les lieux publics*

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index et tableau synoptique* (disponible à l'adresse: <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 9614-1, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

ISO 9772, *Plastiques alvéolaires -- Détermination des caractéristiques de combustion de petites éprouvettes en position horizontale, soumises à une petite flamme*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials* (disponible en anglais uniquement)

ASTM E162 – 11a: *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source* (disponible en anglais uniquement)